

ANALISA *DRIFT* GEDUNG STRUKTUR BAJA TAHAN GEMPA MENGUNAKAN KOMBINASI *TWO STORY-X BRACING* DAN *X BRACING* DI SURABAYA

Dayu Felli Rahmawati¹, Utari Khatulistiani²

Mahasiswi Program Studi Teknik Sipil¹, Dosen Program Fakultas Teknik Sipil²
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya
Jl. Dukuh Kupang XX No. 54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia
Email: ¹dayfelly.0215@gmail.com, ²utari.kh@gmail.com

Abstrak. Menurut BMKG dan LIPI, di kota Surabaya telah ditemukan adanya 2 patahan bumi yang berpotensi terjadi gempa. Oleh karena itu dalam perencanaan Gedung dipertimbangkan sebagai Gedung tahan gempa. Gedung direncanakan terdiri dari 8 lantai beserta atap dengan ukuran 30 x 42 meter yang berlokasi di kota Surabaya, digunakan struktur baja dengan menggunakan pengaku (*bracing*), terdiri dari 3 model. Model yang digunakan adalah kombinasi dari pengaku (*bracing*), yaitu *two story-x bracing* dan *x bracing*. Dari 3 model tersebut ditinjau simpangan horisontal (*drift*) yang terjadi. Perencanaan dilakukan berdasarkan menggunakan Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1729-2002) dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung (SNI 1726:2012). Berdasarkan dari hasil perencanaan struktur gedung yang menggunakan struktur baja, maka dapat disimpulkan model kombinasi 1 dengan *two story-x bracing* pada lantai 1-4 dan *x bracing* pada lantai 5-8, didapatkan total nilai simpangan horisontal sebesar 0,102 m. Model kombinasi 2 dengan *two story-x bracing* pada lantai 5-8 dan *x bracing* pada lantai 1-4, didapatkan total nilai simpangan horisontal sebesar 0,107 m. Model kombinasi 3 dengan *two story-x bracing* pada lantai 3-6 dan *x bracing* pada lantai 1-2 dan 7-8, didapatkan total nilai simpangan horisontal sebesar 0,106 m. Dari total nilai simpangan horisontal 3 model kombinasi tersebut maka nilai simpangan horisontal 0,102 meter pada model kombinasi 1 adalah nilai simpangan horisontal paling kecil..

Kata kunci : Nilai simpangan horisontal (*drift*), struktur baja, *two story-x bracing* dan *x bracing*, gempa.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan penemuan terbaru yang dilakukan oleh beberapa instansi seperti BMKG, LIPI. Diketahui bahwa Kota Surabaya berpotensi gempa karena terdapat dua patahan bumi yaitu Patahan Kendeng dan Patahan Rembang. Kota Surabaya juga memiliki tanah dengan sifat lunak yang berarti masuk dalam kualifikasi situs E. Seperti yang diketahui bahwa tanah yang berstruktur lunak merupakan tanah yang dapat mengakibatkan perambatan gaya gempa sangat cepat menuju permukaan tanah (SNI 1726:2012).

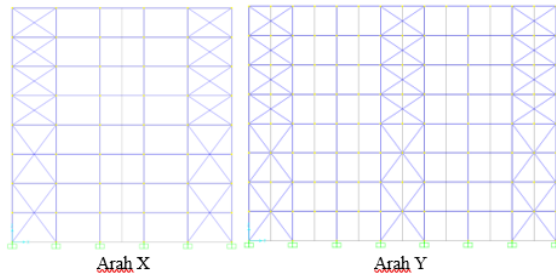
Dalam perencanaan gedung berada di Kota Surabaya, dan menggunakan konstruksi baja. Pemilihan konstruksi baja, karena konstruksi baja merupakan suatu alternatif yang menguntungkan dalam pembangunan dan struktur lainnya yang bersifat elastis berdasarkan pertimbangan ekonomi, sifat dan kekuatannya, cocok untuk pemikul beban (Malingga, 2016). The Kozai Club (1983) mengatakan kekuatan baja bervariasi dari 300 MPa sampai 2000 MPa. Kekuatan yang tinggi ini berdampak struktur yang terbuat dari baja

lebih ringan daripada menggunakan bahan lain sehingga kebutuhan pondasi juga lebih kecil. Agar struktur baja dari sebuah gedung lebih kuat menahan beban gempa dibutuhkan sebuah pengaku (*bracing*). Pengaku (*bracing*) adalah struktur baja diagonal tambahan untuk mencegah struktur baja terhindar dari bahaya tekuk atau puntir (Cochran dan Honeck, 2004). Digunakan *two story-x bracing* dan *x bracing*, karena memiliki keuntungan beban dan gaya gempa yang diterima kolom akan didistribusikan ke bresing tersebut sehingga dapat memperkuat kolom saat terjadi simpangan pada struktur baja (Cochran dan Honeck, 2004). Mengingat bahwa Kota Surabaya sudah masuk dalam wilayah (zona) V yang berarti rawan terhadap bahaya gempa tinggi dan memiliki struktur tanah yang lunak. Dengan begitu kedua bresing (*two story-x bracing* dan *x bracing*) tersebut dikombinasi karena belum ada referensi tentang kombinasi bresing suatu struktur baja untuk gaya gempa tinggi. Kedua tipe bresing tersebut akan dikombinasikan pada sebuah gedung struktur baja 8 (delapan) lantai beserta atap, dan terdiri dari 3 (tiga) model kombinasi

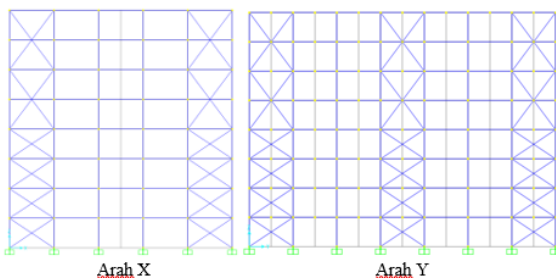
ANALISA *DRIFT* GEDUNG STRUKTUR BAJA TAHAN GEMPA MENGGUNAKAN KOMBINASI *TWO STORY-X BRACING* DAN *X BRACING* DI SURABAYA

(Dayu Felli Rahmawati, Utari Khatulistiani)

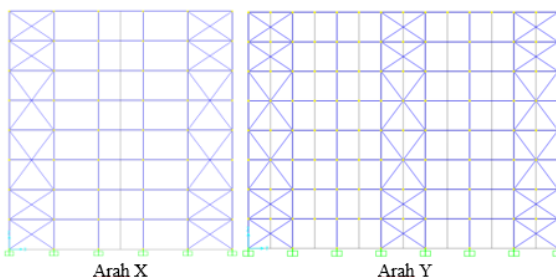
bracing seperti **Gambar 1** sampai **Gambar 3** dan **Tabel 1**.



Gambar 1. Model Kombinasi 1



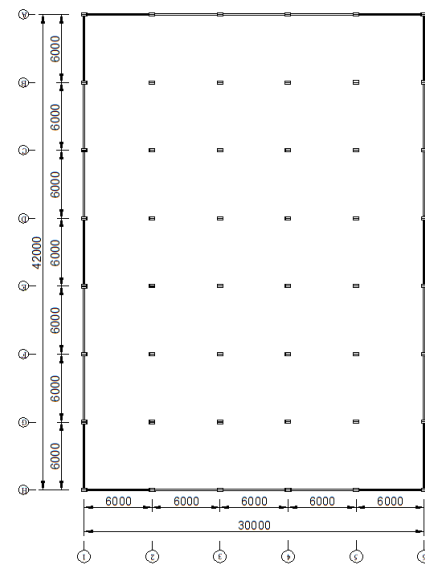
Gambar 2. Model Kombinasi 2



Gambar 3. Model Kombinasi 3

Tabel 1. Letak Besing pada Struktur

Model Kombinasi	<i>Two story-x bracing</i>	<i>X bracing</i>
1 (Gambar 1)	Berada di lantai 1 – 4	Berada di lantai 5 – 8
2 (Gambar 2)	Berada di lantai 5 – 8	Berada di lantai 1 – 4
3 (Gambar 3)	Berada di lantai 3 – 6	Berada di lantai 1 – 2, 7 – 8



Gambar 4. Denah Penempatan *Bracing*

Dari ketiga tipe kombinasi tersebut, ditinjau kekuatan struktur akibat beban gempa nilai simpangan (*drift*). Simpangan atau *drift* adalah perpindahan *lateral relative* antara dua tingkat bangunan yang berdekatan atau dapat dikatakan simpangan mendatar tiap-tiap tingkat bangunan akibat gaya gempa. Besarnya simpangan bergantung pada kemampuan struktur dalam menahan gaya geser horisontal yang terjadi (Harianja, et al., 2012).

Dari 3 (tiga) model kombinasi bracing tersebut nilai simpangan horisontal terkecil yang terjadi pada gedung dan merupakan kombinasi *bracing* terbaik untuk mampu menahan beban gempa.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa nilai simpangan horisontal yang terjadi dari 3 model kombinasi *two story-x bracing* dan *x bracing* yang dipasang pada satu gedung.
2. Berapa nilai simpangan horisontal terkecil yang terjadi di antara 3 model kombinasi *two story-x bracing* dan *x bracing*.

1.3 Maksud dan Tujuan Perencanaan

Tujuan yang diharapkan dalam perencanaan ini adalah:

1. Mengetahui sampai berapa kekuatan struktur yang dapat menahan beban gempa jika ditambahkan dua pengaku (*bracing*) sekaligus.
2. Sebagai rekomendasi untuk perencanaan gedung struktur baja tahan gempa

menggunakan kombinasi *two story-x bracing* dan *x bracing* di Kota Surabaya.

1.4 Manfaat Perencanaan

Manfaat yang didapat dari perencanaan ini adalah hasil dari perencanaan ini dapat dipakai sebagai contoh atau acuan untuk perencanaan struktur baja tahan gempa pada gedung perkantoran di Kota Surabaya.

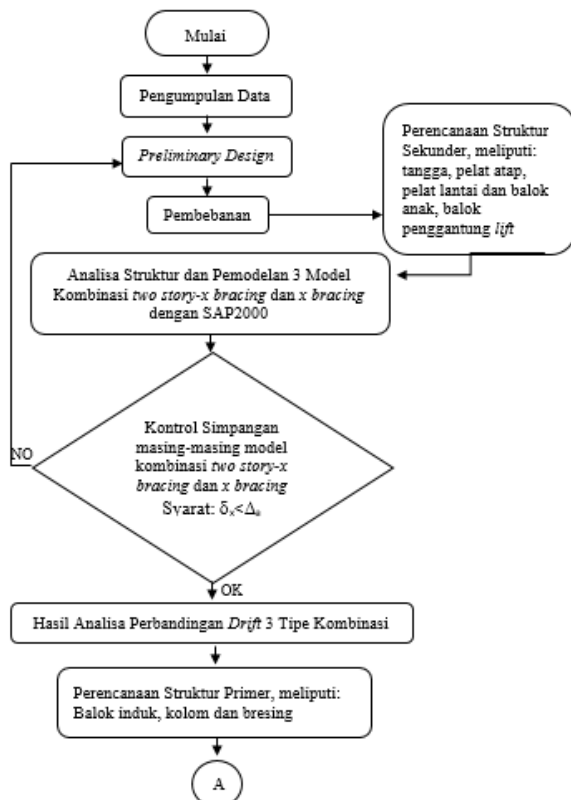
1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada perencanaan struktur gedung dengan kombinasi *two story-x bracing* dan *x bracing* adalah:

1. Dalam perencanaan ini tidak meninjau biaya estimasi konstruksi dan metode pelaksanaan konstruksi.
2. Dalam perencanaan ini tidak menghitung perencanaan plumbing, instalasi listrik, utilitas konstruksi, dsb.

2. METODOLOGI PERENCANAAN

Perencanaan dilakukan dengan langkah seperti diagram alir di **Gambar 5**.



Gambar 5. Diagram Alir Perencanaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Preliminary Design

Preliminary design merupakan tahapan awal yang sangat diperlukan dalam merencanakan suatu bangunan, terutama sekali untuk bangunan yang terdiri dari beberapa jumlah elemen struktur yang memerlukan perhitungan sama dan berulang. *Preliminary design* bertujuan menentukan dimensi profil perkiraan yang diperlukan, agar tidak melalukan *trial and error* berulang kali sehingga memberikan efisiensi kerja bagi perencana. Dari *preliminary design* diperoleh dimensi balok anak atap WF 200.100.5.5.8, balok anak lantai WF 250.175.7.11, balok induk atap WF 250.175.7.11, balok induk lantai WF 300.200.9.14, kolom WF 400.400.30.50, bresing WF 400.400.30.50.

3.2 PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

Struktur sekunder hanya didesain untuk menerima beban yang menyebabkan lentur saja dan tidak didesain untuk menahan beban gempa. Kerusakan pada setruktur sekunder boleh terjadi ketika terjadi gempa, karena struktur sekunder memang tidak berperan dalam berdirinya suatu gedung, akan tetapi struktur sekunder tetap turut membebani struktur primer.

3.2.1 Perencanaan Pelat Atap dan Lantai

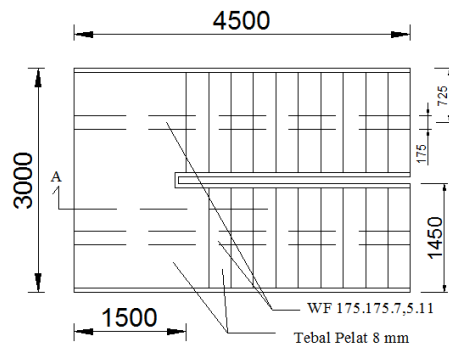
- Mutu Beton (f_c) : 30 MPa
- Mutu Baja (f_y) : 400 MPa
- Tebal Pelat Atap : 10 cm
- Tebal Pelat Lantai : 12 cm

- Hasil Penulangan Pelat Atap:
 - Tulangan arah x = $\emptyset 10-300$ mm
 - Tulangan arah y = $\emptyset 10-300$ mm
- Hasil Penulangan Pelat Lantai:
 - Tulangan Arah x = $\emptyset 10-225$ mm
 - Tulangan Arah y = $\emptyset 10-300$ mm

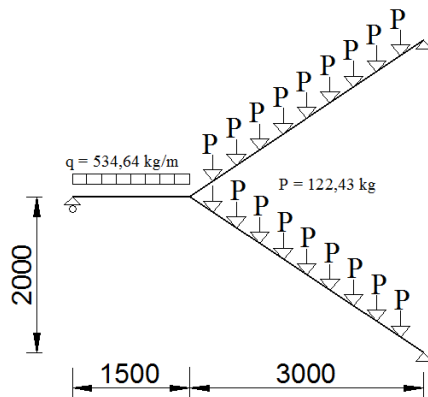
ANALISA *DRIFT* GEDUNG STRUKTUR BAJA TAHAN GEMPA MENGUNAKAN KOMBINASI *TWO STORY-X BRACING* DAN *X BRACING* DI SURABAYA

(Dayu Felli Rahmawati, Utari Khatulistiani)

3.2.2 Perencanaan Tangga



Gambar 6 Denah Penempatan Balok Tangga



Gambar 7. Model Pembebanan Tangga

Tangga pada gedung ini direncanakan dengan data perencanaan sebagai berikut :

Lebar tangga	: 1,450 m	
Panjang bordes	: 1,5 m	
Elevasi bordes	: 2,0 m	
Tinggi tangga	: 4,0 m	
Lebar injakan	: 30 cm = 0,3 m	
Jumlah injakan	: 10 – 1 = 9 buah	
Tebal plat anak tangga/ bordes	: 8 mm	
BJ 41, fy	: 250 MPa	
Berat baja	: 7850 kg/m ³	
Balok tangga	: WF 175x175x7,5x11	
Data profil WF :		
Ag	= 51,21 cm ²	rx = 7,50 cm
Berat	= 40,2 kg/m	ry = 4,38 cm
A	= 175 mm	Zx = 330 cm ³
B	= 175 mm	Zy = 112 cm ³
tw	= 7,5 mm	tf = 11 mm

Dari hasil perhitungan beban dengan bantuan program SAP2000 V10, maka didapatkan nilai momen dan gaya geser sebagai berikut:

- **Pada Bidang Miring**
Mu = Mmax = 1479,78 kgm
Vu = 1011,36 kg
- **Pada Balok Bordes**

$$Mu = Mmax = 1334,60 \text{ kgm}$$

$$Vu = -1451,32 \text{ kg}$$

WF 175.175.7.5.11 mampu menerima beban

3.2.3 Perencanaan Balok Anak Atap

Pada subbab ini akan dibahas mengenai penulangan balok anak atap dengan data perencanaan sebagai berikut:

$$\text{Mutu beton (fc')} = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 250 \text{ MPa}$$

$$\text{Dimensi balok} = \text{WF } 200.100.5.5.8$$

$$d = 200 \text{ mm} \quad A = 27,16 \text{ cm}^2$$

$$b = 100 \text{ mm} \quad Zx = 184 \text{ cm}^3$$

$$rx = 8,24 \text{ cm} \quad Zy = 26,8 \text{ cm}^3$$

$$ry = 2,22 \text{ cm} \quad Q = 21,3 \text{ kg/m}$$

$$tw = 5,5 \text{ mm} \quad tf = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal beton} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Jenis stud} = \text{stud paku}$$

$$\text{Dimensi stud} = \text{Ø12 mm, t: 60 mm}$$

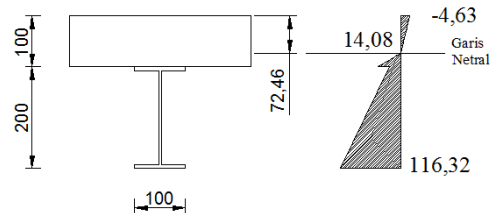
Dari hasil output SAP2000 diperoleh nilai sebagai berikut:

$$Mu = 3840,42 \text{ kg/m} = 38.404.200 \text{ Nmm}$$

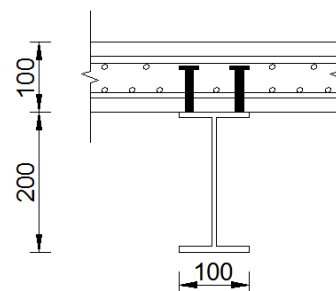
$$Vu = -2560,28 \text{ kg} = -25.602,8 \text{ N}$$

$$\text{Deflection} = 0,0040 \text{ m} = 4 \text{ mm}$$

WF 200.100.5.5.8 mampu menerima beban



Gambar 8. Diagram Tegangan Balok Anak Atap



Gambar 9. Detail Balok Komposit (Balok Anak Atap) dengan Stud

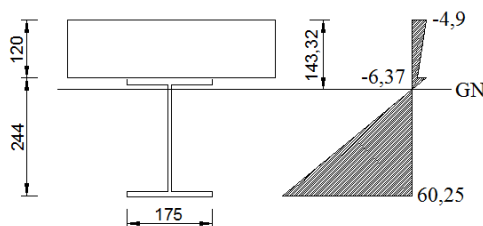
3.2.4 Perencanaan Balok Anak Lantai

Pada subbab ini akan dibahas mengenai penulangan balok anak lantai dengan data perencanaan sebagai berikut:

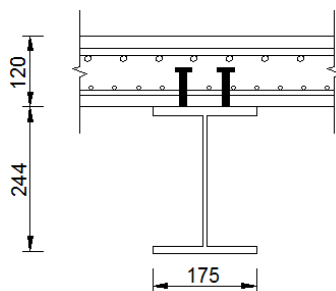
$$\text{Mutu beton (fc')} = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja (fy)} = 250 \text{ MPa}$$

Dimensi balok = WF 250.175.7.11
h = 244 mm **A = 56.24 cm²**
b = 175 mm **Z_x = 502 cm³**
I_x = 10,4 cm **Z_y = 113 cm³**
I_y = 4,18 cm **Q = 44,1 kg/m**
 tw = 7 mm tf = 11 mm
 Selimut beton = 20 mm
 Tebal beton = 12 cm
 Jenis stud = stud paku
 Dimensi stud = Ø12 mm, t: 60 mm
 Dari hasil output SAP2000 diperoleh nilai sebagai berikut:
 Mu = 5666,62 kg/m = 56.666.200 Nmm
 Vu = -3777,7 kg = 37.777 N
 Deflection = 0,0018 m = 1,8 mm
 WF 250.175.7.11 mampu menerima beban



Gambar 10. Diagram Tegangan Balok Anak Lantai



Gambar 11. Detail Balok Komposit (Balok Anak Lantai) dengan Stud

3.2.5 Perencanaan Balok Penggantung Lift

Untuk lift yang digunakan dalam perencanaan merupakan produksi *Hyundai Elevator*, dengan data sebagai berikut:

Tipe lift : Luxen (*Center Open*)
 Kapasitas : 15 orang (1000 kg)
 Kecepatan : 1,0 m/dtk
 Lebar pintu : 900 mm
 Dimensi sangkar (*car size*)
 ▪ Internal : 1600 x 1500 mm²
 ▪ Eksternal : 1660 x 1655 mm²
 Dimensi ruang luncur (*hoistway*) : 4200 x 2100 mm² (2 cars)
 Dimensi ruang mesin (*machine room*) : 4400 x 3850 mm² (2 cars)
 Beban reaksi ruang mesing (*m/c room reaction*)
 R₁ = 5450 kg

R₂ = 4300 kg

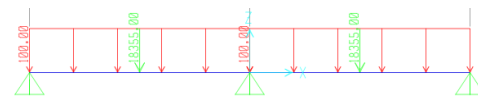
Digunakan profil WF 200x200x12x12
 Dari perhitungan balok penggantung lift (L = 3 meter) yang diperoleh dari program bantu SAP2000, didapatkan:

Mu = -10.257 kgm = -102.570.000 Nmm

Vu = 12.747,10 kg = 127.471 N

Deflection = 0,0047 m = 4,7 mm

WF 200.200.12.12 mampu menahan beban



Gambar 12. Model Pembebanan Balok Penggantung Lift

5. PEMBEBANAN GEMPA

Struktur primer merupakan komponen utama yang terdiri dari balok induk, kolom, dan dinding struktur di mana kekakuannya mempengaruhi perilaku dari suatu gedung. Struktur primer harus didesain dengan baik agar kemungkinan terjadinya keruntuhan akibat beban gempa dapat diperkecil. Dalam analisa struktur pada tugas akhir ini, struktur gedung dimodelkan dengan program struktur yaitu program SAP2000 versi 10. Pemodelan struktur berdasarkan SNI 03-1729-2002 dan SNI 1726:2012 dengan system yang dipergunakan adalah sistem ganda.

5.1 Menghitung Beban Gravitasi

Beban mati atap terdiri dari beban pelat atap, ducting AC, plafond, spesi, plumbing, finishing, dinding partisi, balok anak, balok induk, kolom dengan total beban **593.500,2 kg**.

Beban hidup (LL) = 42 x 30 x 100 x 0,3 =

37.800 kg

Beban air hujan (R) = 42 x 30 x 50 x 0,3 =

18.900 kg

Total berat atap = **650.200,2 kg**

Beban mati lantai terdiri dari beban pelat lantai, ducting AC, plafond, spesi, keramik, plumbing, dinding partisi, balok anak, balok induk, kolom dengan total beban **783.809,4 kg**.

Beban hidup (LL) = 42 x 30 x 250 x 0,3 =

94.500 kg

Total berat 1 lantai = 783.809,4 + 94.500 =

878.309,4 kg

Total berat Gedung = (878.309,4 x 7) +

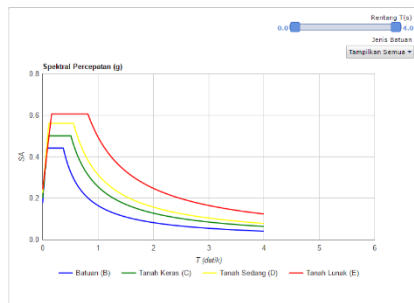
650.200,2 = **6.798.366 kg**

5.2 Data Respon Spektra Kota Surabaya

Berdasarkan hasil perhitungan respon spektral, didapat tabel variabel nilai pada spektral percepatan kota Surabaya.

ANALISA *DRIFT* GEDUNG STRUKTUR BAJA TAHAN GEMPA MENGUNAKAN KOMBINASI *TWO STORY-X BRACING* DAN *X BRACING* DI SURABAYA

(Dayu Felli Rahmawati, Utari Khatulistiwa)



Gambar 13. Respon Spektrum Kota Surabaya

Tabel 2. Percepatan Spektral Gempa Kota Surabaya (Jenis Tanah Lunak)

Tanah Lunak	
Variabel	Nilai
PGA (g)	0.325
SS (g)	0.663
S1 (g)	0.247
CRS	0.991
CR1	0.929
FPGA	1.124
FA	1.374
FV	3.012
PSA (g)	0.366
SMS (g)	0.911
SM1 (g)	0.744
SDS (g)	0.607
SD1 (g)	0.496
T0 (detik)	0.163
TS (detik)	0.817

5.3 Periode Fundamental Struktur

Periode fundamental struktur, T , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dari Tabel 14 SNI 1726:2012 dan periode fundamental pendekatan, T_a , dihitung sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2.1. periode fundamental pendekatan dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x$$

Dimana C_t dan x diperoleh dari Tabel 15 SNI 1726:2012, rangka baja dengan bresing eksentris, maka $C_t = 0,0731$ dan $x = 0,75$. Dengan tinggi bangunan (h_n) = 32 m, maka:

$$T_a = 0,0731 \times 32^{0,75}$$

$$T_a = 0,98$$

Kota Surabaya memiliki nilai $S_{D1} = 0,496$ menurut tabel 14 SNI 1726:2012 maka nilai $C_u = 1,4$

$$T_a = 0,98 < C_u = 1,4 \text{ (OK)}$$

5.4 Beban Geser Dasar Seismik

Sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.8.1 distribusi gaya gempa berdasarkan beban geser dasar seismik yang dibagi sepanjang tinggi struktur gedung yang ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{R_e}\right)} = \frac{0,607}{\left(\frac{6}{1}\right)} = 0,101$$

$$V = C_s W = 0,101 \times 6798366 = 686635 \text{ Kg}$$

5.5 Beban Gempa Statik Ekuivalen

Distribusi F_i dihitung sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.8.3, dengan nilai k adalah eksponen yang terkait dengan periode struktur, $T_a = 0,98$ maka nilai $k = 2$.

$$F_i = \frac{W_i \cdot Z_i^k}{\sum W \cdot Z_i^k} V$$

Contoh menghitung beban gempa pada lantai ke-1:

$$F_1 = \frac{868891,8 \times 0^2}{7593396,6} \times 679174,98 = 0 \text{ Kg}$$

Dengan cara yang sama dihitung beban gempa tiap lantai dan diringkas dalam Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Gaya Gempa pada Tiap Lantai

Lantai	Z_i^k (m)	W_i (kg)	$W_i Z_i^k$ (kgm)	V (kg)	F_{iw} (kg)
9	1024	650200.2	665805004.8	686635	173614.57
8	784	878309.4	688594569.6	686635	179557.15
7	576	878309.4	505906214.4	686635	131919.54
6	400	878309.4	351323760	686635	91610.79
5	256	878309.4	224847206.4	686635	58630.91
4	144	878309.4	126476553.6	686635	32979.88
3	64	878309.4	56211801.6	686635	14657.73
2	16	878309.4	14052950.4	686635	3664.43
1	0	878309.4	0	686635	0
Total		7676675.4	2.633E+09		686635

5.6 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban yang diinputkan pada program bantu SAP2000 ada 18 kombinasi. Kombinasi 1 dengan beban mati (D), kombinasi 2 dengan beban mati dan beban hidup (D + L), dan kominasi 3 – 18 dengan beban beban mati, beban hidup, beban gempa ($D \pm L \pm G$).

5.7 Eksentrisitas Pusat Massa dan Pusat Rotasi Lantai

Koordinat pusat massa dan pusat rotasi lantai dijelaskan dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 4. Nilai Eksentrisitas

Lantai	Ordinat X	Ordinat Y
9	15	21
8	15	21
7	15	21

6	15	21
5	15	21
4	15	21
3	15	21
2	15	21
1	15	21

5.8 Simpangan Antar Lantai

Untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan, penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi sebagai pusat massa ditingkat teratas dan terbawah. Simpangan antar lantai tingkat desain (δ_x) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a). Perencanaan gedung berada pada kategori II, dengan dinding struktur dari baja yang termasuk dalam struktur lainnya, maka Δ_a ditentukan sebesar $0,02 h_{sx}$.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

Di mana:

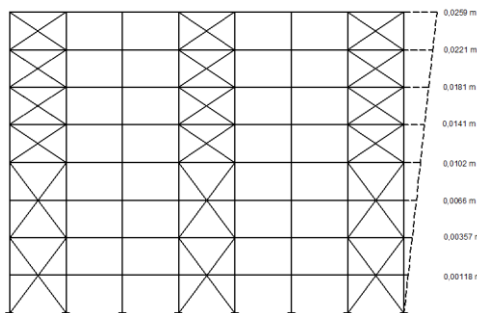
C_d = faktor amplifikasi defleksi sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.2.2 tabel 9

δ_{xe} = defleksi pada lokasi yang diisyaratkan sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.8.6 yang ditentukan dengan analisis elastis

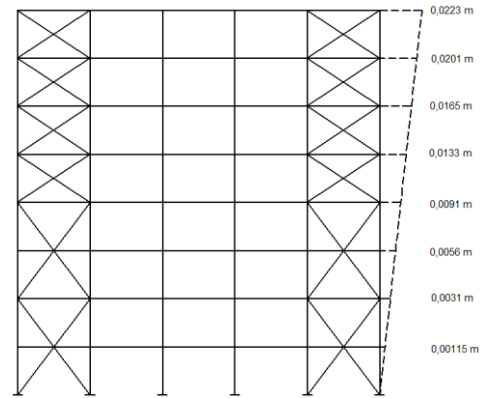
I_e = faktor keutamaan gempa

5.9 Model Kombinasi 1

Dari pemodelan struktur 1 yang dilakukan pada program bantu SAP2000, diketahui bahwa struktur utama mampu menahan gaya gempa dilihat dari besarnya simpangan (**Gambar 14 dan Gambar 15**).



Gambar 14. Diagram Simpangan Horizontal Arah Y Model Kombinasi 1



Gambar 15. Diagram Simpangan Horizontal Arah X Model Kombinasi 1

Dari perhitungan yang dilakukan pada program bantu SAP2000, maka pemodelan kombinasi 1 didapatkan simpangan antar lantai sebagai berikut:

Tabel 5. Simpangan Ijin Antar Lantai Model Kombinasi 1 Arah X

MODEL KOMBINASI 1				
Lantai	Simpangan terjadi	Simpangan antar lantai tingkat desain	Simpangan antar lantai tingkat ijin	Syarat
	dx (m)	δ_{xe} (m)	(Δ_a) (m)	$dx < D_a$
Atap	0.0223	0.0110	0.0800	OK
8	0.0201	0.0180	0.0800	OK
7	0.0165	0.0160	0.0800	OK
6	0.0133	0.0210	0.0800	OK
5	0.0091	0.0175	0.0800	OK
4	0.0056	0.0125	0.0800	OK
3	0.00310	0.0098	0.0800	OK
2	0.00115	0.0058	0.0800	OK

Tabel 6. Simpangan Ijin Antar Lantai Model Kombinasi 1 Arah Y

MODEL KOMBINASI 1				
Lantai	Simpangan terjadi	Simpangan antar lantai tingkat desain	Simpangan antar lantai tingkat ijin	Syarat
	dx (m)	δ_{xe} (m)	(Δ_a) (m)	$dx < D_a$
Atap	0.0259	0.0193	0.0800	OK
8	0.0221	0.0199	0.0800	OK
7	0.0181	0.0200	0.0800	OK
6	0.0141	0.0193	0.0800	OK
5	0.0102	0.0181	0.0800	OK
4	0.0066	0.0152	0.0800	OK
3	0.00357	0.0120	0.0800	OK
2	0.00118	0.0059	0.0800	OK

Nilai δ_x pada **Tabel 6** dimasukkan ke dalam rumus T-rayleigh untuk mengetahui nilai periode fundamental dengan $T_a < 3,5T_{rx}$. Hasil

ANALISA *DRIFT* GEDUNG STRUKTUR BAJA TAHAN GEMPA MENGGUNAKAN KOMBINASI *TWO STORY-X BRACING* DAN *X BRACING* DI SURABAYA

(Dayu Felli Rahmawati, Utari Khatulistiwa)

perhitungan dirangkum dalam bentuk **Tabel 7** sebagai berikut.

Tabel 7. Perhitungan T-rayleigh Model Kombinasi 1

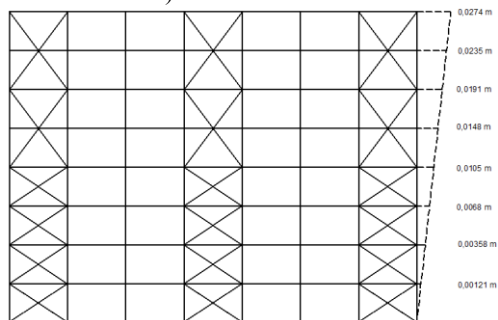
Lantai	Wi (kg)	δx (cm)	δx ²	Fix	Wi δx ²	Fi δx
Atap	650200.2	2.59	6.7133	173614.57	4364976.65	449835.35
8	878309.4	2.21	4.8620	179557.15	4270362.26	395923.52
7	878309.4	1.81	3.2652	131919.54	2867898.89	238378.61
6	878309.4	1.41	1.9796	91610.79	1738744.33	128896.38
5	878309.4	1.02	1.0445	58630.91	917380.12	59920.79
4	878309.4	0.66	0.4356	32979.88	382591.57	21766.72
3	878309.4	0.36	0.13	14657.73	111939.65	5232.81
2	878309.4	0.12	0.01	3664.43	12229.58	432.40
TOTAL					14666123.05	1300386.58

$$T_{rx} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_i \delta x^2}{g \sum F_i \delta x}} = 6,3 \sqrt{\frac{14666123,05}{98,1 \times 1300386,58}} = 2,14$$

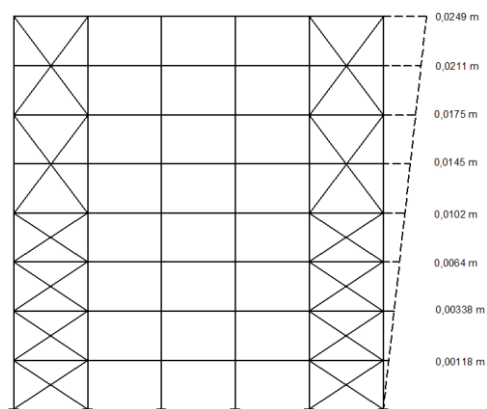
Ta < 3,5Trx
0,98 < 7,49 (OK)

5.10 Model Kombinasi 2

Dari pemodelan struktur 2 yang dilakukan pada program bantu SAP2000, diketahui bahwa struktur utama mampu menahan gaya gempa dilihat dari besarnya simpangan (**Gambar 16 dan Gambar 17**)



Gambar 16. Diagram Simpangan Horizontal Arah Y Model Kombinasi 2



Gambar 17. Diagram Simpangan Horizontal Arah X Model Kombinasi 2

Dari perhitungan yang dilakukan pada program bantu SAP2000, maka pemodelan kombinasi 2 didapatkan simpangan antar lantai sebagai berikut,

Tabel 8. Simpangan Ijin Antar Lantai Model Kombinasi 2 Arah X

Lantai	Simpangan terjadi	Simpangan antar lantai tingkat desain	Simpangan antar lantai tingkat ijin	Syarat
Atap	0.0249	0.0190	0.0800	OK
8	0.0211	0.0180	0.0800	OK
7	0.0175	0.0150	0.0800	OK
6	0.0145	0.0215	0.0800	OK
5	0.0102	0.0190	0.0800	OK
4	0.0064	0.0151	0.0800	OK
3	0.00338	0.0110	0.0800	OK
2	0.00118	0.0059	0.0800	OK

Tabel 9. Simpangan Ijin Antar Lantai Model Kombinasi 2 Arah Y

Lantai	Simpangan terjadi	Simpangan antar lantai tingkat desain	Simpangan antar lantai tingkat ijin	Syarat
Atap	0.0274	0.0197	0.0800	OK
8	0.0235	0.0222	0.0800	OK
7	0.0191	0.0214	0.0800	OK
6	0.0148	0.0212	0.0800	OK
5	0.0105	0.0189	0.0800	OK
4	0.0068	0.0160	0.0800	OK
3	0.00358	0.0119	0.0800	OK
2	0.00121	0.0061	0.0800	OK

Nilai δx pada **Tabel 9** dimasukan ke dalam rumus T-rayleigh untuk mengetahui nilai periode fundamental dengan Ta < 3,5Trx. Hasil perhitungan dirangkum dalam bentuk **Tabel 10** sebagai berikut,

Tabel 10 Perhitungan T-rayleigh Model Kombinasi 2

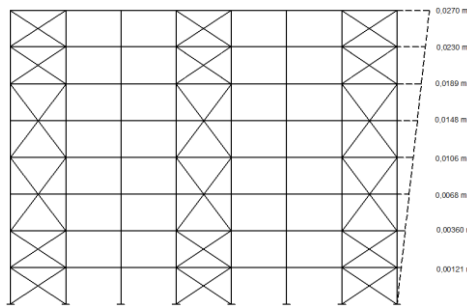
Lantai	Wi (kg)	δx (cm)	δx ²	Fix	Wi δx ²	Fi δx
Atap	650200.2	2.74	7.5131	173614.57	4885006.77	475877.53
8	878309.4	2.35	5.5131	179557.15	4842211.07	421600.19
7	878309.4	1.91	3.6290	131919.54	3187406.77	251306.72
6	878309.4	1.48	2.1845	91610.79	1918652.83	135400.75
5	878309.4	1.05	1.1109	58630.91	975727.97	61796.98
4	878309.4	0.68	0.4583	32979.88	402554.67	22327.38
3	878309.4	0.36	0.13	14657.73	112567.65	5247.47
2	878309.4	0.12	0.01	3664.43	12859.33	443.40
TOTAL					16336987.05	1374000.42

$$Trx = 6,3 \sqrt{\frac{\sum Wi \delta x^2}{g \sum Fi \delta x}} = 6,3 \sqrt{\frac{16336987,05}{98,1 \times 1374000,42}} = 2,19$$

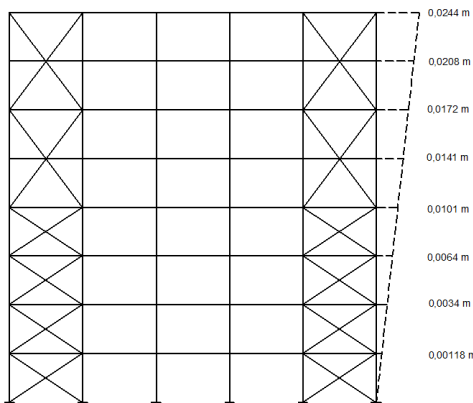
Ta < 3,5Trx
0,98 < 7,67 (OK)

5.11 Model Kombinasi 3

Dari pemodelan struktur 3 yang dilakukan pada program bantu SAP2000, diketahui bahwa struktur utama mampu menahan gaya gempa dilihat dari besarnya simpangan (**Gambar 18 dan Gambar 19**)



Gambar 18. Diagram Simpangan Horizontal Arah Y Model Kombinasi 3



Gambar 19. Diagram Simpangan Horizontal Arah X Model Kombinasi 3

Dari perhitungan yang dilakukan pada program bantu SAP2000, maka pemodelan kombinasi 3 didapatkan simpangan antar lantai sebagai berikut,

Tabel 11 Simpangan Ijin Antar Lantai Model Kombinasi 3 Arah X

MODEL KOMBINASI 3				
Lantai	Simpangan terjadi	Simpangan antar lantai tingkat desain	Simpangan antar lantai tingkat ijin	Syarat
	dx (m)	d _{xe} (m)	(Δ _a) (m)	dx < D _a

Lantai	Simpangan terjadi	Simpangan antar lantai tingkat desain	Simpangan antar lantai tingkat ijin	Syarat
	dx (m)	d _{xe} (m)	(Δ _a) (m)	dx < D _a
Atap	0.0244	0.0180	0.0800	OK
8	0.0208	0.0180	0.0800	OK
7	0.0172	0.0155	0.0800	OK
6	0.0141	0.0200	0.0800	OK
5	0.0101	0.0185	0.0800	OK
4	0.0064	0.0150	0.0800	OK
3	0.00340	0.0115	0.0800	OK
2	0.00110	0.0055	0.0800	OK

Tabel 12 Simpangan Ijin Antar Lantai Model Kombinasi 3 Arah Y

MODEL KOMBINASI 3				
Lantai	Simpangan terjadi	Simpangan antar lantai tingkat desain	Simpangan antar lantai tingkat ijin	Syarat
	dx (m)	d _{xe} (m)	(Δ _a) (m)	dx < D _a
Atap	0.0270	0.0199	0.0800	OK
8	0.0230	0.0206	0.0800	OK
7	0.0189	0.0206	0.0800	OK
6	0.0148	0.0208	0.0800	OK
5	0.0106	0.0189	0.0800	OK
4	0.0068	0.0162	0.0800	OK
3	0.00360	0.0120	0.0800	OK
2	0.00121	0.0061	0.0800	OK

Nilai δx pada **Tabel 12** dimasukan ke dalam rumus T-rayleigh untuk mengetahui nilai periode fundamental dengan Ta < 3,5Trx. Hasil perhitungan dirangkum dalam bentuk **Tabel 13** sebagai berikut,

Tabel 13. Perhitungan T-rayleigh Model Kombinasi 3

Lantai	Wi (kg)	δx (cm)	δx ²	Fix	Wi δx ²	Fi δx
Atap	650200.2	2.70	7.2846	173614.57	4736449.03	468585.72
8	878309.4	2.30	5.2946	179557.15	4650297.83	413161.00
7	878309.4	1.89	3.5721	131919.54	3137409.01	249327.93
6	878309.4	1.48	2.1845	91610.79	1918652.83	135400.75
5	878309.4	1.06	1.1278	58630.91	990595.99	62266.02
4	878309.4	0.68	0.4679	32979.88	410922.32	22558.24
3	878309.4	0.36	0.13	14657.73	113828.90	5276.78
2	878309.4	0.12	0.01	3664.43	12859.33	443.40
TOTAL					15971015.23	1357019.85

$$Trx = 6,3 \sqrt{\frac{\sum Wi \delta x^2}{g \sum Fi \delta x}} = 6,3 \sqrt{\frac{15971015,23}{98,1 \times 13257019,85}} = 0,70$$

Ta < 3,5Trx
0,98 < 2,45 (OK)

5.12 Bahasan Simpangan Horizontal

Hasil dari analisa struktur portal dengan program bantu SAP2000 menunjukkan adanya perbedaan nilai simpangan dari portal tanpa bresing dan 3 model kombinasi bresing. Perbedaan nilai simpangan dapat dilihat pada **Tabel 14.**

ANALISA *DRIFT* GEDUNG STRUKTUR BAJA TAHAN GEMPA MENGGUNAKAN KOMBINASI *TWO STORY-X BRACING* DAN *X BRACING* DI SURABAYA

(Dayu Felli Rahmawati, Utari Khatulistiani)

Tabel 14. Perbandingan Nilai Simpangan Antar Lantai

Lantai	Tanpa B्रेसing	Model Kombinasi 1		Model Kombinasi 2		Model Kombinasi 3	
		Simpangan (mm)	Redaman (%)	Simpangan (mm)	Redaman (%)	Simpangan (mm)	Redaman (%)
Atap	73.65	25.91	47.74	27.40	46.25	27.00	46.65
8	67.49	22.10	45.39	23.50	43.99	23.00	44.49
7	59.54	18.10	41.44	19.10	40.44	18.90	40.64
6	49.81	14.10	35.71	14.80	35.01	14.80	35.01
5	38.86	10.20	28.66	10.50	28.36	10.60	28.26
4	27.33	6.60	20.73	6.80	20.53	6.80	20.53
3	15.87	3.57	12.30	3.58	12.29	3.60	12.27
2	5.60	1.18	4.42	1.21	4.39	1.21	4.39
Rata-rata Redaman			29.55		28.91		29.03

Berdasarkan **Tabel 14** dapat dilihat bahwa model kombinasi 1 dapat meredam 29,55% gaya gempa, model kombinasi 2 dapat meredam 28,91% gaya gempa dan model kombinasi 3 dapat meredam 29,03% gaya gempa. Dengan begitu model kombinasi 1 merupakan model kombinasi terbaik untuk perencanaan struktur, karena dapat meredam beban gempa lebih besar.

6. PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

6.1 Perencanaan Balok Induk Lantai

Pada perencanaan ini balok induk lantai 8 yang digunakan sebagai contoh perhitungan, dan balok direncanakan dengan WF 300x200x9x14, dengan panjang balok 6000 mm. Berikut data-data profil:

d = 298 mm **A = 83,36 cm²**
b = 201 mm **Z_x = 893 cm³**
I_x = 12,6 cm **Z_y = 189 cm³**
I_y = 4,77 cm **Q = 65,4 kg/m**
 tw = 9 mm tf = 14 mm

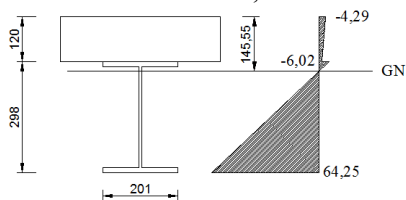
$$h = d - 2(tf + ro) = 298 - 2(14 + 18) = 234 \text{ mm}$$

Dari hasil analisa struktur dengan program SAP2000, diperoleh momen lentur maksimum dan gaya geser pada elemen no. 717 sebesar:

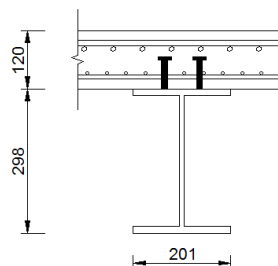
Mu = 83.923.747,2 Nmm
 Vu = 54.622,5 N
 L = 6000 mm
 Def = 5,8 mm

Data perencanaan:

fc' = 30 MPa
 fy = 250 MPa
 Tebal pelat = 120 mm
 Shear connector = stud paku
 Dimensi stud = Ø12 mm, t = 60 mm



Gambar 20. Diagram Tegangan Balok Induk Lantai



Gambar 21. Detail Balok Komposit (Balok Induk Lantai) dengan Stud

6.2 Perencanaan Balok Induk Atap

Pada perencanaan ini balok induk atap yang digunakan sebagai contoh perhitungan, dan balok direncanakan dengan WF 250x175x7x11, dengan panjang balok 6000 mm. Berikut data-data profil:

d = 244 mm **A = 56,24 cm²**
b = 175 mm **Z_x = 502 cm³**
I_x = 10,4 cm **Z_y = 113 cm³**
I_y = 4,18 cm **Q = 44,1 kg/m**
 tw = 7 mm tf = 11 mm

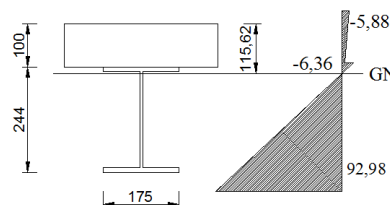
$$h = d - 2(tf + ro) = 244 - 2(11 + 16) = 190 \text{ mm}$$

Dari hasil analisa struktur dengan program SAP2000, diperoleh momen lentur maksimum dan gaya geser pada elemen no. 651 sebesar:

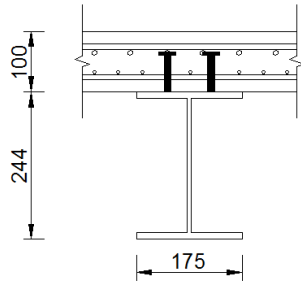
Mu = 58520320 Nmm
 Vu = 37043,4 N
 L = 6000 mm
 Def = 8,51 mm

Data perencanaan:

fc' = 30 MPa
 fy = 250 MPa
 Tebal pelat = 100 mm
 Shear connector = stud paku
 Dimensi stud = Ø12 mm, t = 60 mm



Gambar 22. Diagram Tegangan Balok Induk Atap



Gambar 23. Detail Balok Komposit (Balok Induk Atap) dengan Stud

6.3 Perencanaan Kolom

Pada perencanaan ini kolom lantai 1 yang digunakan sebagai contoh perhitungan, dan kolom direncanakan dengan WF 400x400x30x50, dengan panjang kolom 4000 mm. Berikut data-data profil:

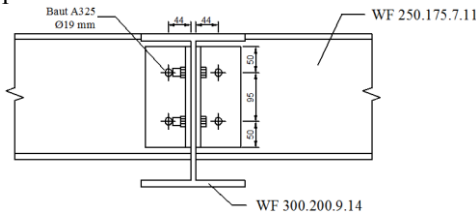
- d = 458 mm** **A = 52860 mm²**
- b = 417 mm** **Z_x = 8170000 mm³**
- I_x = 187.000 cm⁴** **Q = 415 kg/m**
- I_y = 60.500 cm⁴** **tw = 30 mm**
- tf = 50 mm**
- h = d - 2(tf + ro)**
- = 458 - 2(50 + 22) = 314 mm**

Dari hasil analisa struktur menggunakan SAP2000, untuk kolom lantai 1 As A-3 pada elemen no. 556 *comb. 3* diperoleh:

- Mu1 = 75.166.193,2 Nmm
- Nu_{awal} = 646.961,8 N
- Mu2 = 6.267.944,7 Nmm
- L = 4000 mm
- Vu = 16379,1 N

6.4 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan antara balok induk (WF 300x200x9x14) dengan balok anak (WF 250x175x7x11) direncanakan menggunakan baut A325 Ø19 mm. Reaksi yang didapat dari SAP2000 pada balok anak adalah 151,25 kg pada elemen no. 2773.



Gambar 24. Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

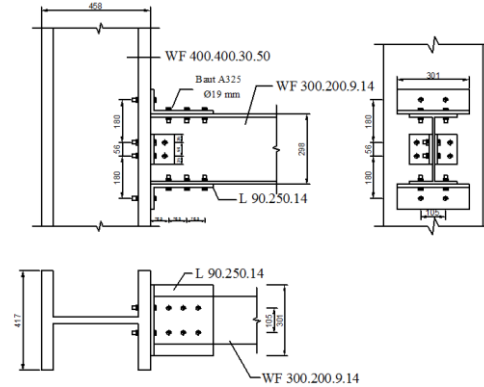
6.6 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Direncanakan sambungan kaku (*rigid connection*) antara balok induk dan kolom. Kolom menggunakan profil WF

400x400x30x50, dan balok induk menggunakan profil WF 300x200x9x14.

Dari hasil analisa struktur dengan program SAP2000, diperoleh momen lentur maksimum dan gaya geser pada elemen no. 717 sebesar:

- Mu = 83923747,2 Nmm
- Vu = 5464,15 N



Gambar 25. Sambungan Balok Induk dengan Kolom

6.7 Sambungan Kolom dengan Kolom

Mu = Z_x fy
 = 8.170.000 x 250 = 2.042.500.000 Nmm

Pembagian beban momen:

h = d - 2(tf + ro)
 = 458 - 2(50 + 22) = 314 mm

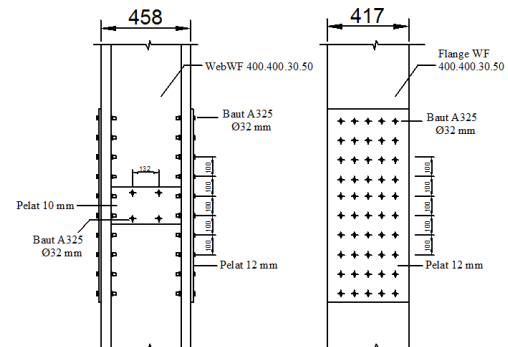
$$I_{\text{beban}} = \frac{tw \times h^3}{12} = \frac{30 \times 314^3}{12} = 77397860 \text{ mm}^2$$

$$M_{\text{badan}} = \frac{I_{\text{beban}} \times Mu}{I_{\text{profil}}}$$

$$= \frac{77.397.860 \times 2.042.500.000}{605.000.000}$$

$$= 261.297.734 \text{ Nmm}$$

M_{sayap} = Mu - M_{badan}
 = 2.042.500.000 - 261.297.734
 = 1.781.202.266 Nmm



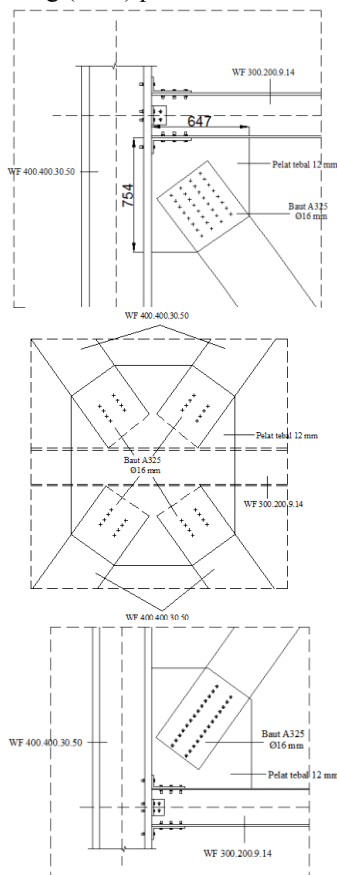
Gambar 26. Sambungan Kolom dengan Kolom

ANALISA *DRIFT* GEDUNG STRUKTUR BAJA TAHAN GEMPA MENGUNAKAN KOMBINASI *TWO STORY-X BRACING* DAN *X BRACING* DI SURABAYA

(Dayu Felli Rahmawati, Utari Khatulistiani)

6.8 Sambungan *Two Story-X Bracing*

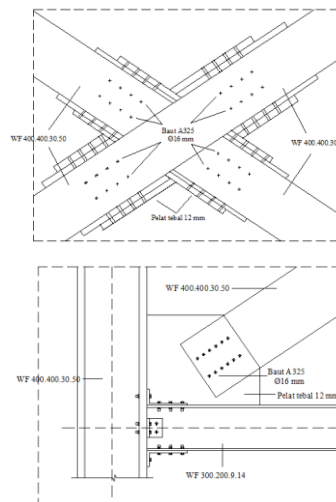
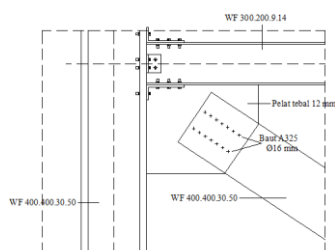
Perhitungan menggunakan program SAP2000, dan didapatkan Nu terbesar $Nu_{awal} = 193028,2$ kg (tekan) pada elemen no. 3785, $Nu_{awal} = 157193,98$ kg (tarik) pada elemen no. 3822.



Gambar 27 Sambungan Batang *Two Story-X Bracing*

6.9 Sambungan *X Bracing*

Perhitungan menggunakan program SAP2000, dan didapatkan Nu terbesar $Nu_{awal} = 80980,24$ kg (tekan) pada elemen no. 3788, $Nu_{awal} = 67872,24$ kg (tarik) pada elemen no. 3764.

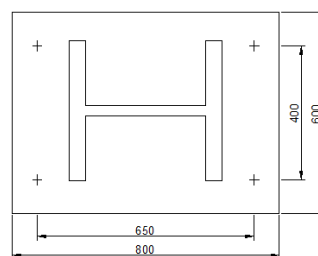


Gambar 28 Sambungan Batang *X Bracing*

6.10 Pelat Dasar Kolom (*Base Plate*)

Sambungan antara kolom dan plat kaki menggunakan sambungan las dan diperkuat dengan baut angkur. Direncanakan *base plate* pada elemen no. 556 *comb. 3* As A-3 dengan data hasil dari *output* SAP2000 sebagai berikut:

- $M_u = 75.166.193,2$ Nmm
- $Nu_{awal} = 646.961,8$ N
- $V_u = 16.379,1$ N
- $f = 650$ mm
- $N = 800$ mm
- $B = 600$ mm



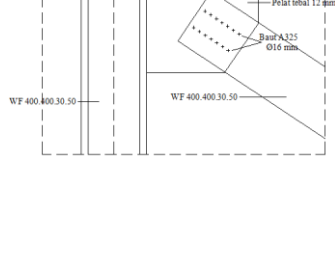
Gambar 29 Ukuran *Base Plate*

Panjang angkur:

$$L = 30d + 15 = 30(22) + 15 = 675 \text{ mm}$$

Angkur yang digunakan $\varnothing 22$ mm, $L = 67,5$ cm,

Panjang tanam 55 cm



Gambar 30 Detail *Base Plate*

6.11 Kolom Pedestal

Kolom pedestal berfungsi sebagai penghubung antara kolom dengan struktur bawah. Kolom pedestal juga mencegah kolom mengalami korosi akibat kontak langsung dengan tanah.

Data perencanaan:

Dimensi kolom : 800x600 mm

Mutu beton (f_c) : 40 MPa

Mutu baja (f_y) : 390 MPa

Tinggi kolom : 4000 mm

Selimut beton : 40 mm

Diameter tulangan utama : $\varnothing 19$ mm

Diameter tulangan sengkang : $\varnothing 14$ mm

$d = 550 - 40 - 14 - (0,5 \times 19) = 486,5$ mm

Pakai tulangan memanjang kolom:

$12D19 = 3406,44 \text{ mm}^2$

Dari perhitungan SAP2000 diperoleh gaya aksial dan momen sebagai berikut:

$M_u = 75.166.193,2 \text{ Nmm}$

$N_{u_{awal}} = 646.961,8 \text{ N}$

$V_u = 16.379,1 \text{ N}$

7. PERENCANAAN PONDASI

7.1 Daya Dukung Pondasi Terhadap Bahan

Tiang pancang yang digunakan untuk pondasi gedung perkantoran adalah tiang pancang beton bertulang yang diproduksi oleh PT. Wika Beton dengan spesifikasi sebagai berikut:

Dimensi : 40 x 40 cm

Kelas : D

Berat : 400 kg/m

Momen nominal : 24,91 Tonm

Kuat beban : 198,01 Ton

Panjang tiang pancang : 6-20 meter

7.2 Daya Dukung Pondasi Terhadap Kekuatan Tanah

Daya dukung struktur pondasi dihitung berdasarkan hasil tes boring/SPT (*Soil Penetration Test*) pada kedalaman tertentu, dan direncanakan menggunakan pondasi sedalam 21,5 meter. Pada tugas akhir ini ada 3 titik yang digunakan sebagai data tanah, dan dipilih titik dengan N_i terkecil yaitu DB-3 dengan nilai N_i 12.

$$P_{tiang} = 40 N_i \frac{A}{n}$$

Dimana:

N_i : nilai SPT pada kedalaman 20 m

A : luas penampang tiang pancang (cm^2)

n : angka keamanan (2-3)

maka besarnya P_{tiang} berdasarkan tes boring:

$$P_{tiang} = 40 (12) \frac{40 \times 40}{3} = 256.000 \text{ kg}$$

7.3 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Pada perencanaan kolom pedestal, direncanakan berdasarkan gaya dalam kolom paling besar dengan data hasil dari *output* SAP2000 sebagai berikut:

$M_x = 75.166.193,2 \text{ Nmm}$

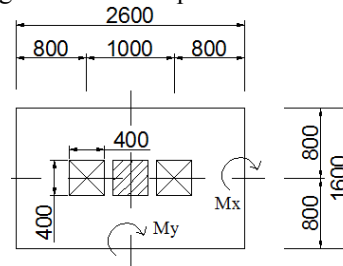
$P = 2.943.994 \text{ N}$

$M_y = 125.354.480 \text{ Nmm}$

Kebutuhan Tiang Pancang

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{izin}} = \frac{313.444,2}{256.000} = 1,22 \approx 2 \text{ buah}$$

Dipakai 2 buah ukuran 40 x 40 cm tiang pancang dalam 1 kelompok



Gambar 31 Denah Kelompok Tiang Pancang

7.4 Efisiensi Tiang Pancang Dalam Kelompok

Maka efisiensi tiang pancang:

$$\eta = 1 - 21,80 \frac{1(2-1) + 2(1-1)}{90(1)(2)} = 0,64$$

$$P_{group \text{ tiang}} = \eta \times P_{izin}$$

$$= 0,64 \times 256.000 \times 2 = 327.680 \text{ kg}$$

$$P_{tiang} = 327.680 \text{ kg} > \Sigma P$$

$$= 313.444,2 \text{ kg}$$

7.5 Kontrol Tegangan Maksimum Pancang Kelompok

Beban bekerja maksimum yang diterima pada 1 tiang pancang:

$$P_{maks} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_x y_{maks}}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_y x_{maks}}{\Sigma x^2}$$

$$< \eta \times P_{izin}$$

$$P_{maks} = 219.099,34 \text{ kg} < \eta \times P_{izin} = 327.680 \text{ kg}$$

7.6 Penulangan Pile Cap

Pile cap direncanakan dengan data-data sebagai berikut:

Dimensi *pile cap* : 2,6 x 1,6 m

Tebal *pile cap* : 0,7 m

Dimensi kolom pedestal : 80 x 60 cm

Mutu beton (f_c) : 40 MPa

Mutu baja (f_y) : 410 MPa

\varnothing tulangan utama : D22 mm

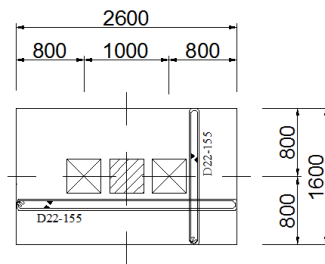
Selimut beton : 60 mm

Tinggi efektif (d_x) : $700 - 60 - \frac{1}{2} \times 22 = 629$ mm

Tinggi efektif (d_y) : $700 - 60 - 22 - \frac{1}{2} \times 22 = 607$ mm

ANALISA *DRIFT* GEDUNG STRUKTUR BAJA TAHAN GEMPA MENGUNAKAN KOMBINASI *TWO STORY-X BRACING* DAN *X BRACING* DI SURABAYA

(Dayu Felli Rahmawati, Utari Khatulistiani)



Gambar 32 Detail Penulangan *Pile Cap*

7.7 Perencanaan Sloof

Data perencanaan sloof:

Gaya aksial dasar kolom	: 294.399,4 kg
Pu sloof (10% 294.399,4)	: 29.439,94 kg
Panjang sloof	: 6 – 2,6 = 3,4 m
Dimensi sloof	: 0,4 x 0,6 m
Mutu beton (fc)	: 40 MPa
Mutu baja (fy)	: 410 MPa
Ø tulangan utama	: D22 mm
Ø tulangan Sengkang	: D12 mm
Selimit beton	: 60 mm
dx/dy	: 600 – 60 – 12 – (1/2

$$x 22) = 517 \text{ mm}$$

Tegangan izin Tarik beton:

$$f_{t \text{ izin}} = 0,5\sqrt{40} = 3,16 \text{ MPa}$$

Tegangan Tarik yang terjadi:

$$f_t = \frac{P_u}{\phi bh} = \frac{294.399,4}{0,8(400 \times 600)} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$< f_{t \text{ izin}} = 3,16 \text{ MPa}$$

Penulangan Lentur Sloof

tulangan memanjang 8 buah dan diameter 22 mm (8D22)

Kebutuhan sengkang apabila sengkang pertama dipasang 50 mm dimuka, maka tumpuan

$$= \frac{6000 - 600 - (2 \times 60)}{150} = 35,2 \approx 36 \text{ buah}$$

Jadi untuk tulangan sloof dipakai 8D22 dengan sengkang D12-150

7.8 Penurunan Pondasi

Pada awal perencanaan, direncanakan tiang pancang dengan panjang 20 meter. Akan tetapi dalam perhitungan penurunan pondasi tidak memenuhi syarat aman, sehingga panjang pondasi harus ditambah menjadi 21,5 meter.

Untuk penurunan tiang tunggal

$$I = I_o \times R_k \times R_b \times R_u$$

$$= 0,02 \times 3 \times 1,00 \times 0,950$$

$$= 0,057$$

$$S = \frac{P \times I}{E_s \times D}$$

$$= \frac{294.399,4 \times 0,057}{400 \times 40} = 1,17 \text{ cm} = 11,7 \text{ mm}$$

Dimana syarat perbandingan penurunan yang aman yaitu $S_{\text{Total}} \leq S_{\text{Izin}}$

$$S_{\text{Izin}} = 10 \% \times D$$

$$= 10 \% \times 40 \text{ cm}$$

$$= 4 \text{ cm}$$

Penurunan izin pada kelompok tiang dapat digunakan rumus:

$$S_{\text{Izin}} = \frac{L}{\frac{250}{2150}}$$

$$= \frac{250}{250}$$

$$= 8,6 \text{ cm} = 86 \text{ mm}$$

Maka perhitungan perkiraan penurunan tiang kelompok adalah:

$$S_g = \frac{q \cdot B_g \cdot I}{2 \cdot q_c}$$

$$S_g = \frac{7,08 \times 160 \times (-0,68)}{2 \times 180} = 2,14 \text{ cm} = 21,4 \text{ mm} < 80 \text{ mm (penurunan ijin)}$$

Maka penurunan total tiang kelompok memenuhi syarat aman.

7. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil perencanaan struktur gedung yang menggunakan struktur baja, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Jika dilihat dari penempatan bresing:
 - Model kombinasi 1 dengan *two story-x bracing* pada lantai 1-4 dan *x bracing* pada lantai 5-8, didapatkan total nilai simpangan horisontal sebesar 0,102 m
 - Model kombinasi 2 dengan *two story-x bracing* pada lantai 5-8 dan *x bracing* pada lantai 1-4, didapatkan total nilai simpangan horisontal sebesar 0,107 m
 - Model kombinasi 3 dengan *two story-x bracing* pada lantai 3-6 dan *x bracing* pada lantai 1-2 dan 7-8, didapatkan total nilai simpangan horisontal sebesar 0,106 m
- Jika dilihat dari total nilai simpangan horisontal 3 model kombinasi tersebut maka nilai simpangan horisontal 0,102 meter pada model kombinasi 1 adalah nilai simpangan horisontal paling kecil.

8. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung* (SNI 03-1729-2002), Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2012, *Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung* (SNI 1726:2012), Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional, 2013, *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain* (SNI 1727:2013), Bandung.

- Cochran, M. L. dan Honeck, W. C., 2004, *Design of Special Concentric Braced Frames (With Comments on Ordinary Concentric Braced Frames)*, California, USA.
- Hardiyatmo, H. C., 2010, *Teknik Pondasi 2*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Harianja, J. A. dan Zaluku, R. A., 2012, "Efektifitas Penggunaan Bracing pada Portal Bertingkat Asimetris", Vol. 2, hal. 33-46, Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta.
- Khafis, M., 2009, "Perencanaan Struktur Baja Pada Bangunan Tujuh Lantai Sebagai Hotel", Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Khatulistiani, U., 2013, *Diktat Komposit LRFD Struktur Baja 2*, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Surabaya
- Malingga, A., 2016, "Penelitian Ruko AWM Menggunakan Struktur Baja Dengan Sistem Rangka Bresing Konsentrik Khusus Tipe-X Pada Daerah Gempa Tinggi", Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi 4 (2), 69-78, Universitas Wijaya Kusuma, Surabaya.
- Moestopo, M., 2007, *Beberapa Ketentuan Baru Mengenai Desain Struktur Baja Tahan Gempa*, Seminar dan Pameran HAKI, Jakarta
- Moestopo, M., 2012, *Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa*, Seminar dan Pameran HAKI, Jakarta
- Setiyowati, N. A., 2012, "Studi Perbandingan Perilaku Profil Baja WF dan HSS Sebagai Bresing pada SCBF Akibat Beban Lateral dengan Program Bantu Finite Element Analisis", Vol. 1, No. 1, hal. 40-45, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Setiawan, A., 2008, *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRDF (Sesuai SNI 1729:2002)*, Erlangga, Jakarta
- Seto, J. Y. dan Cassidy, J. C., 2015, *Perbandingan Biaya Struktur Baja Non-Prismatis, Castellated Beam dan Rangka Batang*, Tugas Akhir Sarjana Strata-1, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- The Kozai Club, 1983, *Steel Coonstruction Guidebook – Civil Engineering*, Tokyo
- Utomo, Junaedi, 2011, *Rangka Bresing Konsentrik Khusus Dengan Tipe X-Bresing 2 Lantai*, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Widodo, 2010, *Validasi Parameter Percepatan Tanah Dan Efek Frekuensi Gempa Terhadap Respon Struktur Bangunan Bertingkat*, UII Press Jogjakarta, Yogyakarta
- Wijanarko, O., 2016, *Studi Literatur Penempatan Letak Bresing Berbeda Pada Gedung Tahan Gempa Menggunakan Struktur Baja*, Tugas Akhir Sarjana Strata-1, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Surabaya
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Baja>, diunduh Nopember 2016.
- https://en.wikipedia.org/wiki/Cross_bracing, diunduh Nopember 2016.
- https://en.wikipedia.org/wiki/Moment-resisting_frame, diunduh Desember 2016.
- https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Braaced_frame_structures, diunduh Desember 2016.

**ANALISA *DRIFT* GEDUNG STRUKTUR BAJA TAHAN GEMPA
MENGUNAKAN KOMBINASI *TWO STORY-X BRACING* DAN *X BRACING*
DI SURABAYA**

(Dayu Felli Rahmawati, Utari Khatulistiani)

Halaman ini sengaja dikosongkan

Halaman ini sengaja dikosongkan